

Härte von Leitungswasser



Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungsniveau	Durchführungsniveau	Vorbereitung
Sek 2	Analytik	Titration	20 min

Aufgabenstellung

Die Schüler verwenden konduktometrische Titration und Gravimetrie, um den Kalziumcarbonatgehalt einer Leitungswasserprobe zu bestimmen.

Hintergrund

Die Gravimetrie ist ein quantitatives Analyseverfahren, bei dem die Messung von Stoffmengen auf der Bestimmung der Massen (Auswaage) beruht. Hierbei werden die Ionen bzw. Moleküle in eine Fällungsform gebracht. Die gefällte Verbindung wird abfiltriert, gewaschen und getrocknet.

Konduktometrie oder Leitfähigkeitsmessung ist eine chemisch-physikalische Analysemethode, die die elektrolytische Leitfähigkeit einer flüssigen Probe zur Bestimmung ihrer dissoziierten Inhaltsstoffe und deren Konzentration ausnutzt.

Die Leitfähigkeitsmessung basiert auf der Bestimmung des ohmschen Widerstands der Analysenlösung bzw. dessen Kehrwerts, des elektrischen Leitwerts (in Siemens $S = \Omega^{-1}$). Sie verwendet Wechselstrom. Dabei tauchen in die zu messende Lösung zwei inerte Elektroden ein in zueinander paralleler oder in koaxialer Anordnung. Die Widerstandsmessung verwendet eine Wien-Brücke bzw. eine in modernen Geräten enthaltene komplexe elektronische Schaltung. Der Widerstand einer Lösung wird geringer, wenn die Elektrodenfläche des Messgerätes zunimmt oder der Abstand zwischen den Elektroden abnimmt. Justierte Geräte sind bereits auf Standardflächen und Abstände eingestellt. Mit manchen Geräten kann man direkt die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung ablesen; sonst erhält man die Leitfähigkeit der Lösung aus der Multiplikation des Leitwertes mit der Zellenkonstanten.

Die elektrolytische Leitfähigkeit ist eine geräteunabhängige, nur für die Lösung spezifische Größe, sie wird von der Wertigkeit, Beweglichkeit und Teilchendichte der Ionen in wässrigen Lösungen beeinflusst.

Materialien und Ausrüstung

Sensoren:

Leitfähigkeitssensor, Tropfenzähler

Material:

- Rührstab
- Drahtloser Leitfähigkeitssensor
- Drahtloser Tropfenzähler mit mitgeliefertem Zubehör
- Trichter mit Klemme
- Trockenofen (Klassenbetrieb), optional
- Magnetrührer
- Filterpapier
- Präzisionswaage (Ablesbarkeit: 0,001 g)
- Bechergläser, 100 mL (3)
- Bechergläser, 250 mL (2)
- Messzylinder, 25 mL (2)
- Messzylinder, 50 mL
- Uhrglas
- Abfallbecher

- 0,10 M Natriumcarbonatlösung (Na_2CO_3)
- 0,10 M Calciumchlorid (CaCl_2) Lösung
- Unbekannte Lösungen: A, B und C
- Verschiedene Hartwasserproben, konzentriert
- Destilliertes Wasser in Waschflaschen

Sicherheit

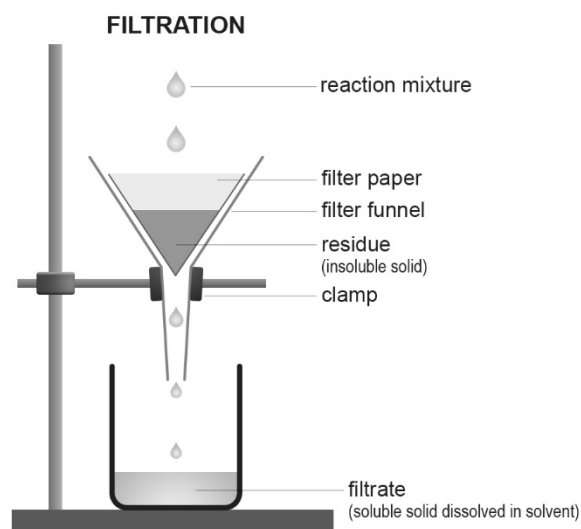
Fügen Sie diese wichtigen Sicherheitsvorkehrungen zu Ihren normalen Laborverfahren hinzu:

- ◆ Tragen Sie zu jeder Zeit eine Schutzbrille.
- ◆ Binden Sie lange Haare zurück und krempeln Sie lange Ärmel hoch.
- ◆ Legen Sie jeden baumelnden Schmuck ab.
- ◆ Essen und Trinken Sie nicht Labor – auch nicht bei der Arbeit mit Lebensmitteln.
- ◆ Festes Kalziumchlorid kann bei Verschlucken gefährlich sein und erzeugt Wärme, wenn es in Wasser gelöst wird.
- ◆ Natriumcarbonat verursacht Augenreizungen und kann bei Verschlucken gefährlich sein.
- ◆ Vor dem Verlassen des Labors die Hände gründlich mit Wasser und Seife waschen.
- ◆ Entsorgen Sie die Lösungen gemäß den Angaben auf dem Sicherheitsdatenblatt.

Experiment

Gravimetrische Titration von Calciumchlorid mit Natriumcarbonat

- Besorgen Sie sich von Ihrem Lehrer die entsprechenden Volumina von 0,10 M CaCl_2 und 0,10 M Na_2CO_3 , die Ihnen eine theoretische Ausbeute von 0,500 g CaCO_3 liefern sollten.
- Mischen Sie die beiden Lösungen in einem 250-mL-Becherglas und rühren Sie dabei mit einem Glasstab.
- Messen Sie die Masse eines Filterpapiers und falten Sie es in Viertel, um einen Kegel zu bilden. Setzen Sie den Filter wie unten gezeigt in ein Filtrationsgerät ein. Das Filtrat wird in einem 250-mL-Becherglas aufgefangen.
- Gießen Sie die Reaktionsmischung durch die Filterapparatur, um den Niederschlag

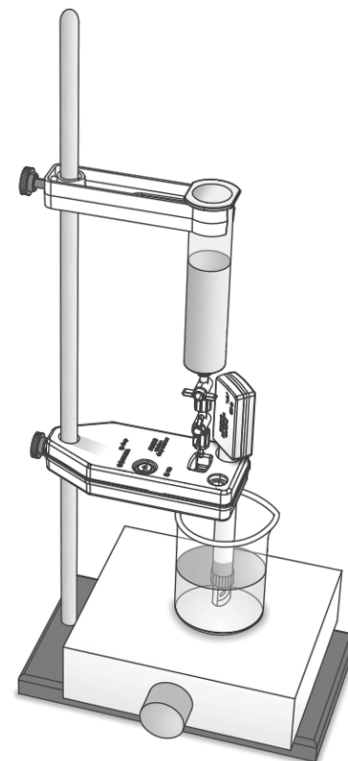


aufzufangen. Spülen Sie das Reaktionsgefäß mit destilliertem Wasser aus, um so viel wie möglich vom Niederschlag aufzufangen.

- Notieren Sie die Masse eines Uhrglases.
- Übertragen Sie das Filterpapier mit dem Niederschlag auf das Uhrglas und lassen Sie es mindestens 24 Stunden lang trocknen. Alternativ kann das Uhrglas für 20-30 Minuten in einen auf 90 °C eingestellten Trockenofen gelegt werden.
- Nach dem Trocknen wird die Masse des Uhrglases und des Filterpapiers bestimmt.
- Entsorgen Sie den Niederschlag und das Filterpapier nach Anweisung der Lehrkraft.
- Berechnen Sie die prozentuale Ausbeute.

Konduktometrische Titration von Calciumchlorid mit Natriumcarbonat

- Öffnen Sie die Labordatei 03 How Hard is Your Tap Water? Wenn die Labordatei nicht verfügbar ist, erstellen Sie nach dem folgenden Schritt ein Diagramm der Leitfähigkeit im Verhältnis zum Flüssigkeitsvolumen (ml).
- Schließen Sie den Leitfähigkeitssensor und den Tropfenzähler an Ihr Gerät an.
- Befestigen Sie den Tropfenzähler am Ringständer.
- Entfernen Sie den Kolben von der Spritze. Bringen Sie beide Absperrhähne und die Tropfspitze an. Stellen Sie beide Absperrhähne in die geschlossene (horizontale) Position. Um die Spritze zu entlüften und Luftblasen zu beseitigen, öffnen Sie beide Ventile (vertikale Position) und spülen Sie mit einem kleinen Volumen von 0,10 M Na₂CO₃ in ein Abfallgefäß.
- Schließen Sie beide Ventile. Füllen Sie das Reservoir der Spritze bis zur 50-mL-Marke mit 0,10 M Na₂CO₃. Befestigen Sie die Spritze am Ringständer.
- Stellen Sie den Abfallbecher unter die Spritze. Öffnen Sie das untere Ventil vollständig. Öffnen Sie langsam das obere Ventil, um eine Tropfenrate von etwa 1 Tropfen pro Sekunde oder langsamer zu erreichen. Sobald die gewünschte Tropfrate erreicht ist, verwenden Sie nur noch das untere Ventil zum Öffnen und Schließen der Spritze. Bringen Sie die Spritze wie abgebildet am Ringständer an.
- Stellen Sie einen 25-mL-Messzylinder unter den Tropfenzähler. Richten Sie die Spritze so aus, dass die Tropfen durch den Tropfenzähler direkt in den Messzylinder fallen. Kalibrieren Sie den Tropfenzähler mit etwa 10,0 mL Titriermittel.
- Stellen Sie den Leitfähigkeitssensor und die Rührplatte wie gezeigt auf. Befestigen Sie den Mikrorührstab an der Sondenspitze und stellen Sie sicher, dass der Magnet beim Drehen nicht auf die Sonde trifft.



- Messen Sie 15,0 mL der 0,10 M CaCl₂-Lösung ab und füllen Sie sie in ein 100 mL-Becherglas. Geben Sie so viel destilliertes Wasser in das Becherglas, dass die Spitze der Leitfähigkeitssonde wie gezeigt vollständig eingetaucht ist.
- Schalten Sie die Rührplatte ein und beginnen Sie mit der Datenerfassung.
- Öffnen Sie das untere Spritzenventil und beobachten Sie die Datenerfassung. Die Leitfähigkeit wird allmählich abnehmen und dann ansteigen. Sobald die Leitfähigkeit ansteigt, lassen Sie die Titration für weitere 2-3 mL Titriermittel laufen und beenden Sie dann die Datenerfassung.
- Beenden Sie die Titration und entsorgen Sie die Reaktionsmaterialien entsprechend den Anweisungen. Spülen Sie die Sonde und den Mikrorührstab ab.
-

Die Datenanalyse

Bestimmen Sie anhand der Titrationsdaten den Äquivalenzpunkt der Reaktion und berechne die Molarität der CaCl₂-Lösung.

Bestimmen Sie aus dieser Konzentration die Masse des im Becherglas vorhandenen Calciumcarbonat-Niederschlags und berechnen Sie den prozentualen Fehler gegenüber den theoretischen Werten.

Welche Methode eignet sich aufgrund Ihrer Ergebnisse am besten für die Ca²⁺-Analyse von Wasser: die gravimetrische Analyse oder die konduktometrische Titration?